

УДК 666.974.2

Т. П. КИЦЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ
ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА**

Исследованы термомеханические свойства огнеупорных алюмосиликатных жидкостекольных бетонов с добавками шамотно-каолиновой пыли и термоактивированного каолина с отвердителями, не являющимися плавнями по отношению к заполнителям. Установлено, что ввод в состав бетона добавки шамотно-каолиновой пыли не снижает его термомеханические свойства. Разработанные алюмосиликатные бетоны характеризуются высокими термомеханическими свойствами и низкой себестоимостью по сравнению с рядовыми шамотными бетонами.

алюмосиликатные огнеупорные бетоны, жидкое стекло, термомеханические свойства, шамотно-каолиновая пыль, шамот, отвердитель

Огнеупорные материалы являются важнейшим технологическим продуктом. Их мировое производство достигло 25 млн. т в год, что в стоимостном выражении составляет более 25 млрд долларов США. За последние 45 лет в структуре производства огнеупорных материалов произошли кардинальные изменения, связанные с повышением роли огнеупорных бетонов. Так в США, Японии доля бетонов в общем объеме потребления огнеупоров за этот период возросла в 10–30 раз и достигла уровня 40–45 %. В странах СНГ доля бетонов в общем объеме потребления огнеупоров примерно вдвое ниже [1–3].

В современных исследованиях по разработке и совершенствованию огнеупорных бетонов можно выделить следующие основные направления: 1) создание новых, относительно дешевых вяжущих веществ для получения огнеупорных бетонов; 2) максимальное использование различных отходов промышленности в составе бетонов; 3) разработка низко- и особонизкоцементных бетонов.

Носителем огнеупорных свойств бетонов являются заполнители. Роль вяжущего сводится к обеспечению прочностных свойств, необходимых для транспортирования, монтажа и первого разогрева после твердения и сушки. Вяжущее в огнеупорных бетонах содержит, как правило, инородные по отношению к заполнителю оксиды, которые образуют с ними легкоплавкие эвтектики и снижают термомеханические свойства бетона по сравнению со свойствами заполнителей. Поэтому одним из основных направлений современной технологии огнеупорных бетонов является разработка низко- и особонизкоцементных бетонов (стандартами США (ASTM C-401-91) и Европейского Союза (ENV-1402) к ним отнесены композиции, содержащие не более 2,5 % CaO) [1, 4, 5].

Одними из наиболее распространенных в отечественной промышленности являются алюмосиликатные жидкостекольные огнеупорные бетоны. Алюмосиликатные огнеупоры отличаются невысоким и стабильным при нагреве коэффициентом линейного температурного расширения, высокой механической прочностью в холодном и нагретом состояниях, отсутствием гидратации и склонности к разупрочнению при хранении в обычных воздушно-влажностных условиях, сравнительной доступностью и невысокой стоимостью сырья. Недостатком жидкостекольных бетонов является то, что отвердители жидкого стекла (кремнефторид натрия, металлургические шлаки) содержат 0,5–5,0 % плавней, которые образуют легкоплавкие эвтектики, что снижает термомеханические свойства бетона.

В Донбасской национальной академии строительства и архитектуры разработаны алюмосиликатные жидкостекольные вяжущие композиции с отвердителями, не являющимися плавнями по отношению к алюмосиликатным заполнителям. Примером таких вяжущих являются жидкостекольные композиции с термоактивированным каолином и шамотно-каолиновой пылью (ШКП).

© Т. П. Киценко, 2013

Такие композиции проявляют высокую активность при их затворении низкомолекулярным жидким стеклом.

На основе разработанных вяжущих с использованием в качестве заполнителя шамота ШКН-2 и муллитокорунда подобраны составы виброформованных бетонов, основные термомеханические свойства которых приведены в табл.

Таблица – Основные термомеханические свойства алюмосиликатных бетонов

Предел прочности при сжатии, МПа				Средняя плотность, кг/м ³		Открытая пористость, %		Огнеупорность, °С	Температура деформации под нагрузкой, °С	
после прогрева при температуре, °С									начало	40 %
20	110	800	1 400	110	1 400	110	1 400			
Шамотный бетон										
14,7	27,6	33,5	37,8	2 119	2 064	22,5	18,2	1 760	1 305	1 360
Шамотный бетон с добавкой ШКП										
12,4	25,2	26,5	34,8	2 104	2 049	22,3	18,4	1 750	1 305	1 360
Муллитокорундовый бетон										
16,4	26,7	30,7	39,0	2 760	2 720	24,2	21,5	1 950	1 420	1 780

Проведенные исследования показали, что дополнительное введение Na₂O в количестве 1,25–1,80 % практически не сказывается на огнеупорности алюмосиликатных бетонов. Например, по сравнению с огнеупорностью бетона на шамотном заполнителе, которая составляет 1 760 °С, огнеупорность бетона с добавкой ШКП ниже всего на 10 °С. Связано это, вероятно с относительным снижением содержания глинозема.

Огнеупорность и температура деформации под нагрузкой алюмосиликатных бетонов соизмерима с аналогичными показателями алюмосиликатных обжиговых материалов примерно с таким же содержанием глинозема. Регулирование содержания глинозема позволяет получать бетоны с одинаковыми огневыми свойствами заполнителей и вяжущей матрицы.

После твердения в нормальных условиях в течение 28 суток все бетоны характеризуются невысокой прочностью, равной 12,4–16,4 МПа. После сушки до постоянной массы при температуре 110 °С предел прочности бетонов увеличивается практически в 2 раза. Характерно, что, чем ниже гидравлическая активность бетонов в нормальных условиях, тем выше относительный прирост их прочности при сушке. После обжига при температуре 800 °С прочность бетона состава на рядовых шамотных наполнителе и заполнителях увеличивается на 105 %. Испытание алюмосиликатных бетонов в холодном состоянии после обжига при температуре 1 400 °С показали, что их прочность существенно возрастает от 137–138 % для шамотных до 146–152 % для муллитокорундовых составов.

Средняя плотность шамотного бетона после сушки составляет 2 104–2 119 кг/м³, после прогрева при 1 400 °С она снижается до 2 049–2 064 кг/м³. Снижение средней плотности происходит за счет удаления воды, связанной гидросиликатами связки и содержащейся в ШКП. Аналогичное снижение средней плотности от 2 760 до 2 720 кг/м³ характерно и для муллитокорундовых бетонов.

Открытая пористость алюмосиликатных бетонов после сушки равна 22,3–22,5 %, понижаясь после обжига соответственно на 3,9–4,3 % у шамотных и 2,7 % у муллитокорундовых бетонов.

Теплопроводность является одной из важнейших свойств футеровочных материалов как с точки зрения изоляции, так и интенсификации теплопередачи. Исследования показали, что теплопроводность алюмосиликатных бетонов (рис.) повышается по мере увеличения степени их обжига. Так, при втором нагреве и после обжига при 1 400 °С теплопроводность алюмосиликатных бетонов оказалась на 12–20 % выше, чем при первом прогреве.

С увеличением плотности и содержания Al₂O₃ алюмосиликатные бетоны становятся более теплопроводными. При нагреве до 600 °С величина коэффициента теплопроводности плавно понижается, а дальнейший подъем температуры приводит к его росту, что связано с усилением фактора излучения.

Алюмосиликатные бетоны отличаются высокой термостойкостью. Так, после 50 циклов водных теплосмен 800 °С ↔ 20 °С шамотный бетон сохраняет свою исходную прочность. Муллитокорундовый бетон имеет более низкую термостойкость. Однако она несоизмеримо выше, чем, например, термостойкость шамотного бетона на жаростойком портландцементе. После 50 водных теплосмен бетон сохраняет 50 % исходной прочности. Предварительный обжиг обоих алюмосиликатных бетонов при

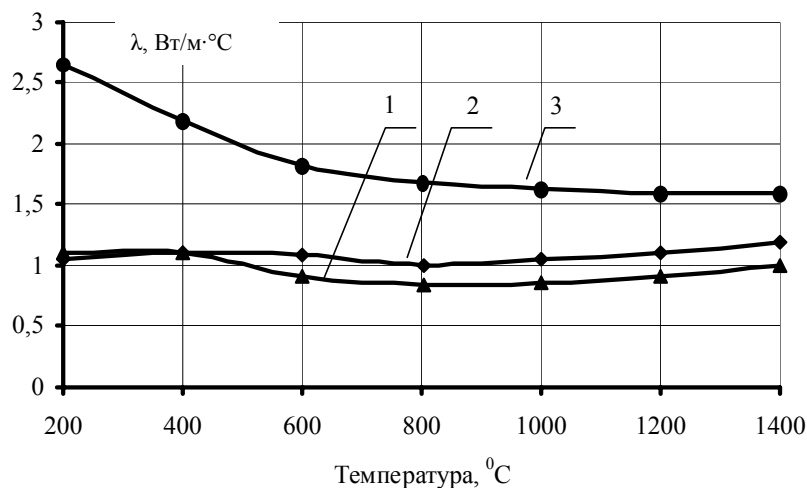


Рисунок – Залежність коефіцієнта теплопровідності (λ) бетонів, попередньо прогретих при температурі 1400 °С в течение чотирьох годин, від температури нагріву: 1 – шамотний бетон; 2 – теж з ШКП; 3 – муллітокорундовий бетон.

температурі 1400 °С веде до помітного зниження їх термостійкості, що пов'язано, ймовірно, з ущільненням бетонів.

Таким чином, встановлено, що розроблені алюмосиликатні бетони характеризуються високими термомеханичними властивостями. Введення до складу бетону добавки ШКП не знижує його термомеханичні властивості порівняно з рядовими шамотними бетонами. Крім того, такі бетони характеризуються низькою собівартістю, так як ШКП є побічним відходом виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пивинський, Ю. Е. Керамобетони – заключительний етап еволюції низькоцементних огнеупорних бетонів (частина I) [Текст] / Ю. Е. Пивинський // Огнеупоры и техническая керамика. – 2000. – № 1. – С. 11–15.
2. Сенников, С. Г. Состояние Российской металлургии и огнеупорной промышленности на рубеже третьего тысячелетия [Текст] / С. Г. Сенников, С. Н. Фокин // Огнеупоры и техническая керамика. – 2000. – № 1. – С. 49–56.
3. Хорошавин, Л. Б. Огнеупорная промышленность России и ее развитие [Текст] / Л. Б. Хорошавин. – Екатеринбург: ЦНТИ, 1998. – 52 с.
4. Аксельрод, Л. М. Огнеупорные бетоны нового поколения в производстве чугуна и стали [Текст] / Л. М. Аксельрод // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – № 8. – С. 35–42.
5. Пивинський, Ю. Е. Нові огнеупорні бетони і вяжучі системи – основопологаюче напрямлення в розробці, виробництві і застосуванні огнеупорів в ХХІ столітті. Частина I. Тенденції розвитку, вяжучі системи [Текст] / Ю. Е. Пивинський // Огнеупоры и техническая керамика. – 1998. – № 2. – С. 4–13.

Получено 17.12.2012

Т. П. КИЦЕНКО ТЕРМОМЕХАНИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОГНЕТРИВКИХ АЛЮМОСИЛІКАТНИХ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ РІДКОГО СКЛА Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Досліджено термомеханічні властивості вогнетривких алюмосиликатних рідкоскляних бетонів з домішками шамотно-каолінового пилу і термоактивованого каоліну з твердниками, що не є плавними до заповнювачів. Встановлено, що введення до складу бетону домішки шамотно-каолінового пилу не знижує його термомеханічні властивості. Розроблені алюмосиликатні бетони характеризуються високими термомеханічними властивостями та низькою собівартістю у порівнянні з рядовими шамотними бетонами.

алюмосиликатні вогнетривкі бетони, рідке скло, термомеханічні властивості, шамотно-каоліновий пил, шамот, отверджувач

TATYANA KITSENKO
THERMOMECHANICAL PROPERTIES ALUMINA-SILICATE OF FIRE-
RESISTANT CONCRETE ON THE BASIS OF THE LIQUID GLASS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Thermomechanical properties fire-resistant alumina-silicate liquid-glass concrete with additives of a kaolin dust and thermo activated kaolin with the hardeners that are not fluxes for aggregates. It has been analyzed that input in structure of concrete of an additive of a kaolin does not reduce its thermomechanical properties. The developed alumina-silicate concrete is characterized by high thermo mechanical properties and the low cost price in comparison with ordinary kaolin concrete.

alumina-silicate fire-resistant concrete, liquid glass, thermo mechanical properties, kaolin dust, chamotte, hardener

Киценко Тетяна Петрівна – к. т. н., доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Киценко Татьяна Петровна – к. т. н., доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Tatyana Kitsenko – PhD (Eng.), Assistant Professor, Department of Technologies of Building Structures, Products and Materials, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fire-resistant binders and concretes.